

Université Paris-Dauphine — L3 Informatique

Projet Java — Gestión des Budgets d'une Ville

Titre du rapport :

Simulation municipale et optimisation par sac-à-dos multidimensionnel

(*Glouton & Hill Climbing*)

Réalisé par :

Zhu Yulei

Ye Kevin

Ghorab Zakaria

Enseignant responsable :

Gilbert Hugo

Année universitaire :

2025 – 2026

Rapport du projet java : Gestion des budgets d'une ville

Introduction

Le projet “Gestion des budgets d'une ville” a pour objectif de simuler la prise de décision d'une équipe municipale dans le choix de projets urbains. Il combine deux axes complémentaires :

- La modélisation organisationnelle d'une équipe municipale (élus, experts, évaluateurs),
- La modélisation algorithmique d'un problème d'optimisation (sac à dos multidimensionnel),
- L'application de deux heuristiques d'optimisation : glouton et hill climbing.

Cette approche permet de relier un problème réel de décision publique à des méthodes informatiques avancées.

Objectif du projet

Simuler le fonctionnement d'une équipe municipale chargée de proposer, évaluer et sélectionner des projets pour

la ville de Dauphine City, selon plusieurs types de coûts (économique, social, environnemental) et de bénéfices.

Le projet inclura aussi une modélisation du problème du sac à dos multidimensionnel et sa résolution heuristique,

les méthodes utilisées seront le glouton et hill climbing.

Arborescence

```
GestionVilleBudget/
├── .settings
└── src/
    ├── equipe/
    │   ├── Elu.java
    │   ├── EquipeMunicipale.java
    │   ├── Evaluateur.java
    │   ├── Expert.java
    │   ├── package_info.java
    │   ├── Personne.java
    │   ├── Projet.java
    │   ├── Secteur.java
    │   ├── TestEquipe.java
    │   └── TypeCout.java
    └── main/
        ├── Main.java
        └── package_info.java
    └── sacADos/
```

```
|- Objet.java  
|- package_info.java  
|- SacADos.java  
|- VersSacADos.java  
  
|- solveur/  
|   |- glouton/  
|   |   |- Comparateurs.java  
|   |   |- GloutonAjoutSolver.java  
|   |   |- GloutonRetraitSolver.java  
|   |   |- package_info.java  
  
|   |- hillclimbing/  
|   |   |- HillClimbingSolver.java  
|   |   |- package_info.java  
  
|- test/  
|   |- EquipeMunicipaleTest.java  
|   |- GloutonAjoutSolverTest.java  
|   |- GloutonRetraitSolverTest.java  
|   |- HillClimbingSolverTest.java  
|   |- SacADosTest.java  
  
|- .classpath  
|- .gitignore  
|- .project
```

===== PARTIE SIMULATION EQUIPE MUNICIPALE =====**Structure du code**

Le package “équipe” à été créé pour y incorporer nos différentes classes.
Les classes suivantes ont été intégrée dans le package :

- Elu.java
- EquipeMunicipale.java
- Evaluateur.java
- EvaluateurRole.java
- Expert.java
- Personne.java
- Projet.java
- Secteur.java
- TestEquipe.java
- TypeCout.java

==== Rôles des différentes classes ===

1. Élu : Évalue le bénéfice d'un projet
2. Equipe Municipale : Regroupe élus, évaluateurs et experts, et gère la simulation
3. Évaluateur : Évalue un coût spécifique (économique, social, environnemental)
4. Expert : Propose des projets selon ses secteurs d'expertise
5. Personnes : Classe de base pour toutes les personnes (classe mère)
6. Projet : Contient les infos d'un projet (titre, description, coûts, bénéfice, secteur)
7. Secteurs : Listes les différentes secteurs
8. Test de l'équipe : Classe de test pour vérifier le fonctionnement de la simulation
9. Type de coûts : Complémentaire pour les types de coûts

===== PARTIE SAC A DOS MULTIDIMENSIONNEL =====

== OBJECTIF ==

Modéliser le problème du sac à dos multidimensionnel afin de sélectionner des projets en respectant des contraintes budgétaires multiples (économique, social, environnemental). Chaque projet correspond à un "objet" avec : une utilité (bénéfice attendu), plusieurs coûts (3 dimensions), et un ensemble de budgets à ne pas dépasser. Ce modèle sert ensuite de base pour les algorithmes gloutons et hill climbing.

Structure du code

Le package sacADos contient les classes suivantes :

- Objet.java : représente un projet converti en objet pour le sac à dos (utilité + coûts multidimensionnels).
- SacADos.java : représente une instance complète du problème :
 - dimension du problème (nombre de coûts),
 - budgets maximaux,
 - liste des objets disponibles.
- VersSacADos.java : utilitaire permettant la conversion d'une liste de projets en instance de sac à dos.
- SacADosTest.java (si existant) : tests pour vérifier l'admissibilité et les calculs d'utilité.

===== PARTIE RÉSOLVEUR GLOUTONNES =====

== OBJECTIF ==

Le but du solveur glouton est de fournir rapidement une solution initiale satisfaisante, sans garantie d'optimalité, mais permettant ensuite un point de départ efficace pour le Hill Climbing.

Deux variantes ont été implémentées : glouton par ajout et glouton par retrait.

Structure du code Package :

- solveur.glouton Comparateurs.java Regroupe les différentes heuristiques d'ordre :
 - somme des coûts

- utilité maximale
- ratio utilité/coût

- GloutonAjoutSolver.java Ajoute les objets un par un selon un ordre déterminé par un comparateur.
- GloutonRetraitSolver.java Commence par tous les objets, puis retire les moins “intéressants” en premier.

===== Principe des méthodes =====

-- Glouton Ajout --

1. Trier les objets selon un comparateur.
2. Partir d'une solution vide.
3. Ajouter progressivement chaque objet tant que les budgets ne sont pas dépassés.

-- Glouton Retrait --

1. Démarrer avec tous les objets.
2. Retirer successivement les objets les moins rentables.
3. Une fois admissible, réessayer d'ajouter quelques objets intéressants.

= Résultats =

Lors des tests effectués dans Main.java, les gloutons renvoient une solution admissible, avec un bénéfice total correct, qui sert ensuite de point de départ pour le Hill Climbing.

===== PARTIE RESOLVEUR HILL CLIMBING =====

== OBJECTIF ==

Améliorer une solution initiale (souvent fournie par un glouton) en explorant le voisinage des solutions pour augmenter le bénéfice total.

Le Hill Climbing ne garantit pas l'optimum global, mais fournit un optimum local efficace.

Structure du code Package : solveur.hillclimbing

Contient principalement : HillClimbingSolver.java

Cette classe implémente une version déterministe du Hill Climbing :

- point de départ = solution gloutonne
- voisinage = retirer un objet + en ajouter un autre
- accepter uniquement les améliorations
- arrêt lorsqu'aucun voisin ne fournit d'utilité plus élevée

Fonctionnement du Hill Climbing

1. Initialisation Copier la solution initiale.
2. Génération du voisinage Pour chaque objet de la solution : créer un voisin en retirant cet objet, tester l'ajout d'un nouvel objet non présent.

3. Sélection du meilleur voisin admissible calculer l'utilité de chaque voisin, garder le meilleur voisin admissible.

4. Amélioration si le voisin est meilleur : remplacer la solution sinon : arrêter -> optimum local atteint.

===== PARTIE MAIN =====

== OBJECTIF ==

La classe Main constitue le point d'entrée du projet.

Elle permet de piloter l'ensemble du système depuis la console à travers un menu interactif :

1. Gestion et affichage de l'équipe municipale,
2. Simulation de propositions de projets,
3. Génération d'une instance de sac à dos multidimensionnel à partir des projets,
4. Test des solveurs gloutons,
5. Test du Hill Climbing

L'objectif est d'offrir une interface simple pour enchaîner toutes les étapes du sujet : de la génération des projets jusqu'à leur sélection via les heuristiques d'optimisation.

```

=====
MENU PRINCIPAL DU PROJET
=====
1. Afficher l'équipe municipale
2. Exécuter un cycle de simulation
3. Générer une instance SacADos depuis les projets
4. Tester les solveurs gloutons
5. Tester le Hill Climbing
0. Quitter

```

== Structure générale ==

La classe Main se trouve dans le package main et contient :

- une méthode main(String[] args) qui lance la boucle de menu
- un Scanner pour lire les entrées utilisateur
- plusieurs méthodes privées qui correspondent aux grandes fonctionnalités du projet :
 1. afficherMenuPrincipal() : affiche les différentes options disponibles
 2. construireEquipeDemonstration() : crée une équipe municipale par défaut (un élu, trois évaluateurs, trois experts avec différents secteurs)
 3. executerSimulation(EquipeMunicipale equipe) : lance un cycle de simulation et affiche les projets générés
 4. creerInstanceDepuisProjets(EquipeMunicipale equipe) : construit une instance de SacADos à partir des projets évalués
 5. testerSolveurs(SacADos sac) : exécute les solveurs gloutons (ajout et retrait)
 6. testerHillClimbing(SacADos sac) : exécute le Hill Climbing à partir d'une solution gloutonne
 7. afficherSolution(String titre, List<Objet> sol, SacADos sac) : affiche proprement une solution (liste d'objets + utilité totale).

== Déroulement du menu ==

Au lancement, le programme :

- Construit une équipe municipale de démonstration via construireEquipeDemonstration() ;
- Initialise une variable instanceSac à null, qui servira plus tard pour le sac à dos.

Ensuite, une boucle while(true) gère le menu principal :

1. *Option 1 : Afficher l'équipe municipale*

Appelle `equipe.afficherEquipe()` et permet de vérifier la composition de l'équipe (élu, évaluateurs, experts).

```

MENU PRINCIPAL DU PROJET
=====
1. Afficher l'équipe municipale
2. Exécuter un cycle de simulation
3. Générer une instance SacADoS depuis les projets
4. Tester les solveurs gloutons
5. Tester le Hill Climbing
0. Quitter
Votre choix : 1

===== Équipe municipale =====
[ÉLU]      Pierre Martin (45 ans) - Élu(e)

[ÉVALUATEURS]
- Luc Bernard (38 ans) - Évaluateur (ENVIRONNEMENTAL)
- Marie Dupont (35 ans) - Évaluateur (ECONOMIQUE)
- Sophie Durant (40 ans) - Évaluateur (SOCIAL)

[EXPERTS]
- Jean Leroy (42 ans) - Expert [SPORT, EDUCATION]
- Claire Moreau (39 ans) - Expert [SANTE, CULTURE]
- Paul Simon (44 ans) - Expert [ATTRACTIVITE ECONOMIQUE]

```

2. *Option 2 : Exécuter un cycle de simulation*

Demande à l'utilisateur le nombre de projets par expert, appelle `equipe.executeCycleSimulation(nb)` et affiche les projets via `equipe.afficherProjets()`.

```

=====
MENU PRINCIPAL DU PROJET
=====
1. Afficher l'équipe municipale
2. Exécuter un cycle de simulation
3. Générer une instance SacADoS depuis les projets
4. Tester les solveurs gloutons
5. Tester le Hill Climbing
0. Quitter
Votre choix : 2
Combien de projets par expert ? 3

===== Projets étudiés =====
1. Projet{titre='Projet EDUCATION #861', secteur=EDUCATION, benefice=82106, coutEco=78815, coutSoc=83290, coutEnv=67761}
2. Projet{titre='Projet EDUCATION #860', secteur=EDUCATION, benefice=199424, coutEco=72694, coutSoc=76015, coutEnv=64034}
3. Projet{titre='Projet SPORT #55', secteur=SPORT, benefice=137736, coutEco=75195, coutSoc=63129, coutEnv=21059}
4. Projet{titre='Projet SANTE #122', secteur=SANTE, benefice=118070, coutEco=45576, coutSoc=57592, coutEnv=28992}
5. Projet{titre='Projet CULTURE #751', secteur=CULTURE, benefice=71999, coutEco=96468, coutSoc=76478, coutEnv=42280}
6. Projet{titre='Projet SANTE #768', secteur=SANTE, benefice=191855, coutEco=53328, coutSoc=74982, coutEnv=84969}
7. Projet{titre='Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #252', secteur=ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE, benefice=50191, coutEco=39485, coutSoc=35760, coutEnv=37567}
8. Projet{titre='Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #981', secteur=ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE, benefice=93957, coutEco=70391, coutSoc=90315, coutEnv=91159}
9. Projet{titre='Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #191', secteur=ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE, benefice=85760, coutEco=43184, coutSoc=17657, coutEnv=81584}
```

3. Option 3 : Générer une instance SacADos depuis les projets

Vérifie qu'il existe au moins un projet évalué, propose deux modes :

- Mode 1 : budgets = coûts (économique, social, environnemental) → utilisation de VersSacADos.depuisProjetSelonCouts(...)
- Mode 2 : budgets = secteurs (5 secteurs) → utilisation de VersSacADos.depuisProjetSelonSecteurs(...). stocke le SacADos dans instanceSac.

Mode 1

```
=====
MENU PRINCIPAL DU PROJET
=====
1. Afficher l'équipe municipale
2. Exécuter un cycle de simulation
3. Générer une instance SacADos depuis les projets
4. Tester les solveurs gloutons
5. Tester le Hill Climbing
0. Quitter
Votre choix : 3
Choisir le mode de génération de SacADos :
1. Budgets = coûts (eco, social, env)
2. Budgets = secteurs (5 secteurs)
0. Retour au menu principal
Votre choix : 1
== Définir les budgets par type de coût ==
Budget économique : 200000
Budget social : 200000
Budget environnemental : 200000
? Instance SacADos créée (3 dimensions).
```

Mode 2

```
=====
MENU PRINCIPAL DU PROJET
=====
1. Afficher l'équipe municipale
2. Exécuter un cycle de simulation
3. Générer une instance SacADos depuis les projets
4. Tester les solveurs gloutons
5. Tester le Hill climbing
0. Quitter
Votre choix : 3
Choisir le mode de génération de SacADos :
1. Budgets = coûts (eco, social, env)
2. Budgets = secteurs (5 secteurs)
0. Retour au menu principal
Votre choix : 2
== Définir les budgets par secteur ==
Sport : 200000
Santé : 200000
Éducation : 200000
Culture : 200000
Attractivité économique : 200000
? Instance SacADos créée (5 secteurs).
```

4. Option 4 : Test des solveurs gloutons

Cette option permet d'évaluer les deux heuristiques gloutonnes implémentées dans le projet. Elle utilise l'instance de SacADos générée précédemment et applique successivement :

- Le solveur GloutonAjoutSolver sélectionne les objets un par un selon l'ordre défini par le comparateur f_somme(), qui classe les projets en fonction de la somme de leurs coûts. Il ajoute chaque objet tant que les budgets ne sont pas dépassés. Cette méthode fournit une première solution simple et admissible, souvent utilisée comme point de départ pour le Hill Climbing.

```
=====
 MENU PRINCIPAL DU PROJET
=====
1. Afficher l'équipe municipale
2. Exécuter un cycle de simulation
3. Générer une instance SacADos depuis les projets
4. Tester les solveurs gloutons
5. Tester le Hill Climbing
0. Quitter
Votre choix : 4

== Tester les solveurs gloutons ==
1. Glouton Ajout
2. Glouton Retrait
3. Les deux
0. Retour
Votre choix : 1

== Solveur Glouton AJOUT ==

--- Glouton Ajout ---
* Projet SANTE #768 { utilite=191855, couts=[0, 53328, 0, 0, 0] }
* Projet EDUCATION #860 { utilite=199424, couts=[0, 0, 72694, 0, 0] }
* Projet SANTE #122 { utilite=118070, couts=[0, 45576, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #191 { utilite=85760, couts=[0, 0, 0, 0, 43184] }
* Projet SPORT #55 { utilite=137736, couts=[75195, 0, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #981 { utilite=93957, couts=[0, 0, 0, 0, 70391] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #252 { utilite=50191, couts=[0, 0, 0, 0, 39485] }
* Projet EDUCATION #861 { utilite=82106, couts=[0, 0, 78815, 0, 0] }
* Projet CULTURE #751 { utilite=71999, couts=[0, 0, 0, 96468, 0] }
Utilité totale = 1031098
```

2. Le solveur GloutonRetraitSolver commence avec l'ensemble des objets, puis retire progressivement les moins intéressants selon `f_somme()`. Une fois la solution admissible, il tente d'améliorer celle-ci en réajoutant certains objets en fonction du comparateur `f_max()`. Cette stratégie explore l'espace de manière plus globale que le glouton par ajout.

```
== Tester les solveurs gloutons ==
1. Glouton Ajout
2. Glouton Retrait
3. Les deux
0. Retour
Votre choix : 2

== Solveur Glouton RETRAIT ==

--- Glouton Retrait ---
* Projet SANTE #768 { utilite=191855, couts=[0, 53328, 0, 0, 0] }
* Projet EDUCATION #860 { utilite=199424, couts=[0, 0, 72694, 0, 0] }
* Projet SANTE #122 { utilite=118070, couts=[0, 45576, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #191 { utilite=85760, couts=[0, 0, 0, 0, 43184] }
* Projet SPORT #55 { utilite=137736, couts=[75195, 0, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #981 { utilite=93957, couts=[0, 0, 0, 0, 70391] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #252 { utilite=50191, couts=[0, 0, 0, 0, 39485] }
* Projet EDUCATION #861 { utilite=82106, couts=[0, 0, 78815, 0, 0] }
* Projet CULTURE #751 { utilite=71999, couts=[0, 0, 0, 96468, 0] }
Utilité totale = 1031098
```

3. L'utilisateur peut également choisir d'exécuter les deux solveurs successivement. Cette option permet de comparer facilement leurs résultats : structure des solutions produites, objets sélectionnés, utilité totale obtenue, différences de comportement entre ajout progressif et retrait progressif.

```
Votre choix : 3

== S solveur Glouton AJOUT ==

--- Glouton Ajout ---
* Projet SANTE #768 { utilite=191855, couts=[0, 53328, 0, 0, 0] }
* Projet EDUCATION #860 { utilite=199424, couts=[0, 0, 72694, 0, 0] }
* Projet SANTE #122 { utilite=118070, couts=[0, 45576, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #191 { utilite=85760, couts=[0, 0, 0, 0, 43184] }
* Projet SPORT #55 { utilite=137736, couts=[75195, 0, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #981 { utilite=93957, couts=[0, 0, 0, 0, 70391] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #252 { utilite=50191, couts=[0, 0, 0, 0, 39485] }
* Projet EDUCATION #861 { utilite=82106, couts=[0, 0, 78815, 0, 0] }
* Projet CULTURE #751 { utilite=71999, couts=[0, 0, 0, 96468, 0] }
Utilité totale = 1031098

== S solveur Glouton RETRAIT ==

--- Glouton Retrait ---
* Projet SANTE #768 { utilite=191855, couts=[0, 53328, 0, 0, 0] }
* Projet EDUCATION #860 { utilite=199424, couts=[0, 0, 72694, 0, 0] }
* Projet SANTE #122 { utilite=118070, couts=[0, 45576, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #191 { utilite=85760, couts=[0, 0, 0, 0, 43184] }
* Projet SPORT #55 { utilite=137736, couts=[75195, 0, 0, 0, 0] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #981 { utilite=93957, couts=[0, 0, 0, 0, 70391] }
* Projet ATTRACTIVITE_ECONOMIQUE #252 { utilite=50191, couts=[0, 0, 0, 0, 39485] }
* Projet EDUCATION #861 { utilite=82106, couts=[0, 0, 78815, 0, 0] }
* Projet CULTURE #751 { utilite=71999, couts=[0, 0, 0, 96468, 0] }
Utilité totale = 1031098
```

5. Option 5 : Tester le Hill Climbing

Commence par une solution gloutonne (résultat de GloutonAjoutSolver), lance le HillClimbingSolver sur cette solution et affiche la solution améliorée et son utilité totale.

```
== Tester le Hill Climbing ==
1. HC standard (t = 1)
2. HC avec plateau (t = 1, plateau = 3)
3. HC aléatoire (voisins aléatoires)
0. Retour
```

1. Hill Climbing standard

```
Votre choix : 1

--- Hill Climbing (t = 1) ---
* Projet SPORT #567 { utilite=189120, couts=[11557, 63923, 40373] }
* Projet EDUCATION #242 { utilite=198715, couts=[44077, 45294, 52742] }
Utilité totale = 387835
```

La version standard utilise un voisinage déterministe avec t=1t = 1t=1. À chaque itération, tous les voisins possibles sont générés en retirant un objet et en en ajoutant un autre. Cette méthode s'arrête dès qu'aucun voisin n'a une utilité strictement supérieure. Dans plusieurs tests, elle converge rapidement vers un optimum local et sélectionne souvent un seul projet à forte utilité

2. Hill Climbing avec plateau

Votre choix : 2

```

--- Hill Climbing (plateau = 3) ---
* Projet SPORT #567 { utilite=189120, couts=[11557, 63923, 40373] }
* Projet EDUCATION #242 { utilite=198715, couts=[44077, 45294, 52742] }
Utilité totale = 387835

```

La version avec plateau autorise un nombre limité de déplacements vers des solutions de même utilité. Cela permet d'explorer légèrement plus l'espace de recherche. Cependant, dans les instances testées, cette version produit souvent la même solution que la version standard. Elle reste donc limitée par le caractère déterministe du voisinage.

3. Hill Climbing aléatoire

```

Votre choix : 3
--- Paramètres du Hill Climbing aléatoire ---
Valeur de t (ajouts/retraits max) : 2
Nombre de mouvements sur plateau : 0
Nombre de voisins à considérer : 30

--- Hill Climbing aléatoire ---
* Projet SPORT #567 { utilite=189120, couts=[11557, 63923, 40373] }
* Projet EDUCATION #242 { utilite=198715, couts=[44077, 45294, 52742] }
Utilité totale = 387835

```

La version aléatoire génère un nombre fixé de voisins choisis aléatoirement. Les paramètres ttt, le nombre de mouvements sur plateau et le nombre de voisins sont définis par l'utilisateur. Cette méthode permet d'explorer des solutions différentes et d'échapper aux optima locaux. Dans les tests, elle trouve des solutions avec une utilité totale plus élevée, en combinant plusieurs projets admissibles.

6. Option 0 : Quitter

Sort de la boucle et termine le programme.

En cas de choix invalide ou si l'utilisateur demande à lancer les solveurs sans avoir d'abord créé une instance de sac à dos, des messages d'erreur explicites sont affichés.

```

=====
MENU PRINCIPAL DU PROJET
=====

1. Afficher l'équipe municipale
2. Exécuter un cycle de simulation
3. Générer une instance SacADos depuis les projets
4. Tester les solveurs gloutons
5. Tester le Hill Climbing
0. Quitter
Votre choix : 0
? Au revoir !

===== PARTIE TESTS =====
Initialisation de l'instance SacADos

```

```

Instance du sac-à-dos :
- Objet{ utilite=10, couts=[4, 3, 2] }
- Objet{ utilite=8, couts=[3, 3, 3] }
- Objet{ utilite=5, couts=[1, 10, 4] }
- Objet{ utilite=7, couts=[2, 2, 5] }

Budgets = [7, 7, 7]

```

Test 1 Glouton Ajout (critère : f_somme)

Dans ce premier test, les objets sont triés selon la somme de leurs coûts.

Le solveur ajoute ensuite les objets un par un, tant que les budgets ne sont pas dépassés.

Objectif : obtenir une première solution simple et admissible, servant souvent de point de départ.

```

===== TEST 1 : Glouton Ajout (critère f_somme) =====

--- Glouton Ajout ? f_somme ---
* Objet{ utilite=10, couts=[4, 3, 2] }
* Objet{ utilite=8, couts=[3, 3, 3] }
Utilité totale = 18

```

Test 2 Glouton Ajout (critère : f_max)

Ce second test utilise un critère différent : f_max, qui prend en compte le coût maximal parmi les trois dimensions.

Objectif : montrer l'impact du comparateur sur la solution finale. Deux gloutons “ajout” peuvent produire des résultats différents.

```

===== TEST 2 : Glouton Ajout (critère f_max) =====

--- Glouton Ajout ? f_max ---
* Objet{ utilite=8, couts=[3, 3, 3] }
* Objet{ utilite=10, couts=[4, 3, 2] }
Utilité totale = 18

```

Test 3 Glouton Retrait

Dans ce test, le solveur commence avec tous les objets, puis supprime les moins intéressants selon le comparateur f_somme.

Une fois la solution admissible, il tente ensuite d'ajouter des objets supplémentaires selon f_max.

Objectif : tester une stratégie gloutonne plus globale, basée sur un retrait progressif plutôt qu'un ajout progressif.

```
===== TEST 3 : Glouton Retrait =====

--- Glouton Retrait ---
* Objet{ utilite=8, couts=[3, 3, 3] }
* Objet{ utilite=10, couts=[4, 3, 2] }
Utilité totale = 18
```

Test 4 Hill Climbing (t = 1)

Ce test applique la méthode Hill Climbing à partir de la solution issue du Test 1.

À chaque itération, on génère un voisin en retirant un objet et en essayant d'en ajouter un autre (t = 1).

Objectif : améliorer la solution gloutonne si un voisin possède une utilité totale plus élevée.

```
===== TEST 4 : Hill Climbing (t = 1, sans plateau) =====

--- Hill Climbing (t = 1) ---
* Objet{ utilite=10, couts=[4, 3, 2] }
* Objet{ utilite=8, couts=[3, 3, 3] }
Utilité totale = 18
```

Test 5 Hill Climbing avec déplacements sur plateau (plateau = 3)

Même configuration que le Test 4, mais le solveur est autorisé à faire jusqu'à 3 mouvements sans amélioration immédiate (plateau).

Cela permet parfois de franchir un palier et d'atteindre une meilleure solution locale.

Objectif : montrer l'effet des plateaux dans le processus d'optimisation.

```
===== TEST 5 : Hill Climbing (t = 1, plateau = 3) =====

--- Hill Climbing (t = 1, plateau=3) ---
* Objet{ utilite=10, couts=[4, 3, 2] }
* Objet{ utilite=8, couts=[3, 3, 3] }
Utilité totale = 18
```

===== PARTIE TESTS JUNIT =====**Objectif des tests JUnit**

En complément des tests exécutés via la classe Main et TestAll, le projet inclut également une série de tests automatisés réalisés avec JUnit 5. Ces tests permettent :

- de vérifier la validité des méthodes clés du projet
- de garantir que les solutions produites par les solveurs respectent bien les contraintes

- d'éviter les régressions lors des modifications du code.

L'utilisation de JUnit apporte une validation fiable et reproductible, indépendante de l'affichage console.

1 Test JUnit : Vérification de la méthode estAdmissible() (SacADos.java)

Le premier test JUnit porte sur la méthode `estAdmissible()` de la classe `SacADos`, qui permet de vérifier si une solution (une liste d'objets sélectionnés) respecte les contraintes budgétaires du sac à dos multidimensionnel.

Objectif du test

L'objectif est de s'assurer que :

- la méthode calcule correctement les coûts cumulés des objets
- les compare aux budgets disponibles
- et renvoie true si la solution est admissible

Ce test permet donc de valider la base du fonctionnement du modèle, avant l'application des algorithmes gloutons ou du Hill Climbing

2. Test JUnit 2 : Vérification de la méthode utiliteTotale() (SacADosUtiliteTest.java)

Ce test a pour objectif de vérifier que la méthode `utiliteTotale()` de la classe `SacADos` calcule correctement la somme des utilités des objets sélectionnés.

La méthode doit :

- parcourir la liste d'objets passée en paramètre,
- additionner leurs utilités,
- retourner la valeur totale.

Ce test est volontairement simple afin de valider le fonctionnement de base avant de tester des cas plus complexes.

3. Test JUnit 3 : Solveur Glouton Ajout (GloutonAjoutSolverTest.java)

Ce test vérifie le fonctionnement du solveur Glouton Ajout, dont le rôle est de sélectionner progressivement les objets les plus intéressants tant que les budgets ne sont pas dépassés.

L'objectif est de s'assurer que l'algorithme respecte à la fois :

- l'ordre imposé par le comparateur (`f_somme`)
- les limites de budget
- et qu'il retourne bien une solution admissible

4. Test JUnit 4 : Solveur Glouton Retrait (GloutonRetraitSolverTest.java)

Ce test valide le fonctionnement du Glouton Retrait, la seconde variante gloutonne utilisée dans le projet. Contrairement au glouton par ajout, celui-ci :

1. commence par sélectionner tous les objets
2. retire progressivement les moins intéressants selon un premier comparateur
3. tente ensuite d'en réajouter selon un second comparateur.

L'objectif du test est de vérifier que cette logique est bien respectée et que le solveur retourne une solution **admissible**.

5. est JUnit 5 : Méthode Hill Climbing : amélioration d'une solution (HillClimbingSolverTest.java)

Ce test JUnit vérifie le comportement du solveur Hill Climbing, un algorithme d'optimisation locale destiné à améliorer une solution initiale en explorant son voisinage.

L'objectif principal de ce test est de vérifier que le Hill Climbing :

- n'aggrave jamais la solution initiale,
- et tente systématiquement de l'améliorer lorsque cela est possible.

Répartition du travail dans le trinôme

Le travail a été réparti de manière complémentaire entre les membres du groupe :

- **Zhu Yulei**

Responsable principal de l'implémentation Java :

- développement de la majorité des classes dans les packages équipe, main, sacADos et solveur
- intégration du menu interactif
- ajout des contrôles d'erreurs, génération d'instances et robustesse du code

- **Ye Kevin**

Responsable de la structuration et de la qualité logicielle :

- proposition de l'architecture générale du projet
- conception des interfaces et des classes principales
- relecture du code, correction des bugs
- rédaction principale du rapport

- **Ghorab Zakaria**

Participation sur la validation et la présentation :

- tests et remontée d'erreurs lors de l'exécution
- préparation à la soutenance et à la présentation du projet

Retour critique sur l'utilisation d'IA générative (ChatGPT)

Nous avons utilisé une IA générative comme outil d'assistance ponctuel durant le projet.

1. Types et nombre de prompts utilisés
- Questions techniques (erreurs Java, JUnit) : ~15
- Conseils d'architecture et explications : ~10
- Reformulation du texte (rapport / README) : ~3

-
2. Le projet inclut l'implémentation d'un algorithme de recherche locale de type Hill Climbing, avec variantes (version standard, gestion de plateau, génération aléatoire de voisins).

Contrairement aux algorithmes étudiés en cours d'algorithmique (tels que le parcours en profondeur (DFS) ou le parcours en largeur (BFS)), cet algorithme repose sur une logique de recherche locale non exhaustive. Ce niveau de complexité algorithmique et conceptuelle dépasse largement les schémas standards vus en cours (exploration arborescente systématique), ce qui nous a conduits à solliciter l'IA non pas pour produire le code final, mais pour :

- clarifier le fonctionnement théorique de la recherche locale ;
- identifier des erreurs logiques (ex. ordre des paramètres, conditions de boucle, gestion du plateau) ;
- mieux comprendre les implications des choix d'implémentation.

3. Retours critiques sur le contenu généré

L'IA a parfois fourni des réponses incomplètes ou incorrectes (ex. : imports JUnit, organisation des packages).

Nous avons donc toujours vérifié et corrigé avant d'intégrer dans le projet.

4. Avantages et limites identifiés

- Aide utile pour comprendre un concept et gagner du temps
 - Ne remplace pas notre raisonnement, nécessite des vérifications systématiques

l'IA a été un outil de soutien, mais le code final et les décisions de conception ont été réalisés par nous-mêmes, conformément aux objectifs pédagogiques.

===== CONCLUSION =====

Ce projet modélise de bout en bout un système complet de :

1. Simulation d'une équipe municipale création, évaluation et filtrage de projets.
2. Transformation en instance de sac à dos multidimensionnel contraintes budgétaires multi-coûts, utilité maximale recherchée.
3. Résolution heuristique glouton (ajout et retrait), optimisation locale avec Hill Climbing.

La structure modulaire (packages séparés : équipe, sacADos, solveur) rend le projet clair, extensible et facile à maintenir.

Les résultats montrent que les heuristiques permettent d'obtenir des solutions admissibles de bonne qualité tout en respectant les contraintes imposées.